

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-313978

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl. C23G 1/08

(21)Application number : 11-120417

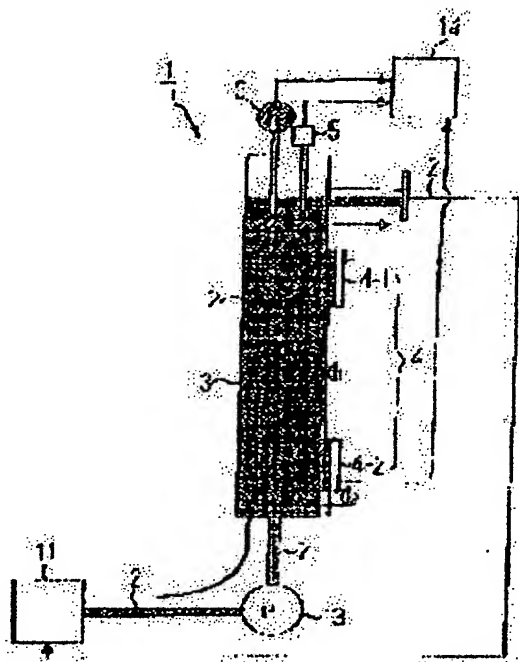
(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 27.04.1999

(72)Inventor : NONAKA TOSHIHIKO  
ESAKI INJIN**(54) CONDUCTIVITY METER, METHOD FOR MEASURING CONDUCTIVITY AND INSTRUMENT FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF OXYGEN CONCENTRATION****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an instrument capable of continuously controlling the hydrochloric acid concentration of a final pickling tank among plural pickling tanks constituting continuous pickling equipment.

**SOLUTION:** This instrument 1 for continuous measurement of oxygen concentration is constituted by combining a main body 3 which has a flow passage 2 to continuously pass a pickling liquid housed in the pickling tank to one direction, a densitometer 4 which is installed in this main body 3 and continuously measures the pickling liquid flowing in the flow passage 2, a thermometer 5, a conductivity meter 6 and an arithmetic unit 14 which computes the oxygen concentration of the pickling liquid in accordance with the results of the measurement. The conductivity meter 6 has a detecting part in which the acid liquid to be measured passes. The inside surface and base surface of the detecting part are formed toward a direction intersecting with both of a horizontal direction and a perpendicular direction.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 08.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-313978

(P2000-313978A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 2 3 G 1/08

識別記号

F I

C 2 3 G 1/08

テーム (参考)

4 K 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-120417

(22) 出願日 平成11年4月27日 (1999. 4. 27)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 野中 俊彦

茨城県鹿嶋市大字光3番地 住友金属工業  
株式会社鹿島製鉄所内

(72) 発明者 江崎 員人

茨城県鹿嶋市大字光3番地 住友金属工業  
株式会社鹿島製鉄所内

(74) 代理人 100081352

弁理士 広瀬 章一

Fターム (参考) 4K053 PA02 PA12 QA01 RA19 RA29

SA06 TA02 TA16 XA24 XA46

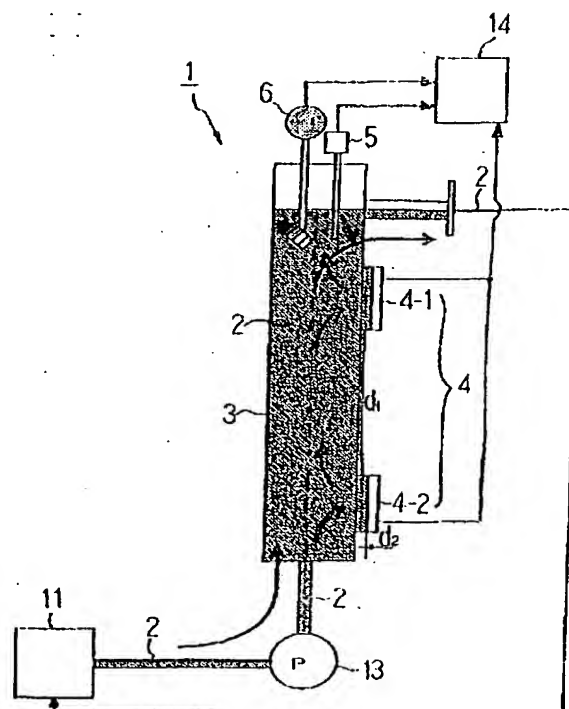
XA50 YA03 YA23 YA25

(54) 【発明の名称】 導電率計、導電率の測定法および酸濃度連続測定装置

(57) 【要約】

【課題】 連続酸洗設備を構成する複数酸洗槽における最終酸洗槽の塩酸濃度を連続的に制御することのできる装置を提供する。

【解決手段】 酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に一方向へ通過させる流路2を有する本体3と、本体3に設置されて流路2を流れる酸洗液を連続的に測定する密度計4、温度計5および導電率計6と、これらの測定結果に基づいて酸洗液の酸濃度を演算する演算装置14とを組み合わせる酸濃度連続測定装置1である。導電率計6が、測定される酸液が内部を通過する検出部6aを有し、検出部6aの内面および底面は、水平方向および垂直方向のいずれの方向に対しても交差する方向に向けて形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定される酸液が内部を流れる検出部を有し、該検出部の内部および／または底面を流れる前記酸液の流れ方向は、

前記検出部の外部における該検出部に向かう前記酸液の流れ方向が略水平方向である場合には、略水平方向であり、

前記検出部の外部における該検出部に向かう前記酸液の流れ方向が略水平方向以外の方向である場合には、略水平方向以外の方向であることを特徴とする導電率計。

【請求項2】 導電率計を用いて酸液の導電率を測定する前に、少なくとも、導電率の検出部の内面および／または底面に、酸液を含浸させておくことを特徴とする酸液の導電率の測定法。

【請求項3】 酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、

当該本体に設置されて前記流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、

前記流路または前記酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、

前記密度計、前記温度計および前記導電率計それぞれの測定結果に基づいて前記流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを備え、

前記導電率計は、測定される酸液が内部を流れる検出部を有し、該検出部の内部および／または底面を流れる前記酸液の流れ方向が、前記検出部の外部における該検出部に向かう前記酸液の流れ方向が略水平方向である場合には、略水平方向であり、前記検出部の外部における該検出部に向かう前記酸液の流れ方向が略水平方向以外の方向である場合には、略水平方向以外の方向であることを特徴とする酸濃度連続測定装置。

【請求項4】 前記温度計および／または前記導電率計は、前記本体に設置され、前記流路の一部を流れる酸洗液を測定する請求項3に記載された酸濃度連続測定装置。

【請求項5】 前記本体の内部へ前記酸洗液を連続的に流入させる配管は、消泡機能を有することを特徴とする請求項4に記載された酸濃度連続測定装置。

【請求項6】 前記本体の内部であって前記検出部の下方には、該検出部への泡の侵入を抑制する遮断部材が設けられることを特徴とする請求項2から請求項5までのいずれか1項に記載された酸濃度連続測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、酸液の導電率を測定することができる導電率計と、導電率の測定法と、鋼帯の連続酸洗設備における酸洗槽の酸濃度を連続的に測定することができる酸濃度連続測定装置とに関する。

## 【0002】

【従来の技術】酸洗とは、例えば、冷延鋼板、冷延鋼板

の圧延素材となる熱延鋼板または最終成品である熱延鋼板等といった処理鋼板の表面に存在する酸化スケールを、塩酸や硫酸等の酸洗液に浸漬すること、あるいは酸洗液を噴霧することによって、除去する処理をいう。この酸洗は、例えば、処理鋼板を、酸洗液を収容する酸洗槽を通板方向へ複数並列した状態で備える連続酸洗設備に、連続して通板させることにより、行われる。この連続酸洗設備を用いた酸洗では、各酸洗槽とりわけ最終酸洗槽における酸濃度が、酸化スケールの除去効率に大きく影響する。このため、この連続酸洗設備を用いた酸洗に関しては、酸濃度を正確に制御することが要求される。

【0003】従来より、鋼帯の連続酸洗設備では、卓上測定器で酸洗液の酸濃度を測定し、この測定結果に基づいて手動で酸液を供給すること、もしくは、この卓上測定器を連続酸洗設備の酸洗槽に設置して酸濃度を自動測定し、この測定結果に基づいて酸液の供給量を自動制御することによって、酸洗液の酸濃度測定および酸液供給が行われてきた。

【0004】しかし、手動で酸液を供給すると、酸洗液の酸濃度の変化に的確に対応できない。このため、酸洗液の酸濃度の変動が大きくなり易く、また安全を見込むために酸液の供給量が過剰となり易い。このため、手動で酸液を供給すると、酸の原単位が悪化する。

【0005】また、卓上測定器を酸洗槽に設置して酸洗液の酸濃度を自動測定するには、試料用装置である滴定式分析計を用いる。この滴定式分析計による測定は、サンプル液、試薬および洗浄液を交互に測定セル内に導入することにより、行われる。このため、測定セル内でのサンプル液の流れが断続的となるために滞留したサンプル液が配管内で固化して配管が詰まってしまい、測定開始後短時間で測定できなくなってしまう。

【0006】また、この滴定式分析計による測定では微量のサンプル液を配送するため、配管系の微細チューブが詰まってしまい、詰まり防止のために濾過装置を設けると、切り換え機構を有する複雑な配管系となる。このため、切り換え機構の切り換え回数の増加により、配管の詰まりが誘発される。

【0007】また、滴定式分析計は高価である。そのため、サンプルが複数種存在する場合には、各サンプリング配管を並列で一つの滴定式分析計に接続しておき、各サンプリング配管を切り換えることによって、測定を行う。このため、このサンプリング配管の切り換えによっても、配管の詰まりが頻発する。

【0008】さらに、1回のサンプリングに際して、試薬導入からデータ出力までに約15分間を要する。このため、複数回のサンプリングを行う場合、各データの出力間隔は最低でも15分毎に1回程度と、かなり長くなる。このため、連続酸洗設備の酸濃度制御系に滴定式分析計を適用しても、連続的に酸洗液の酸濃度測定値を出力す

ることは事実上不可能である。

【0009】このように、滴定式分析計を用いた酸濃度の測定は、薬液による反応時間、および前処理装置による洗浄のための切り換え時間やサンプリング時間が長い。このため、サンプリングタイミングに対する測定タイミングの時間遅れが不可避免的に発生する。また、滴定式分析計を用いた酸濃度の測定では、出力データもかなりの間隔を伴って断続的に出力される。このため、制御の応答性が極めて低い。したがって、滴定式分析計を用いて酸洗液の酸濃度を高精度で制御することは、事実上困難であった。

【0010】このように、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度の測定には長時間を要する。このため、特に、各酸洗槽が仕切り板により区画され、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液が上流側の酸洗槽へ順次オーバーフローするとともに、最終酸洗槽に対して酸を供給する型の連続酸洗設備では、通常、最終酸洗槽の酸濃度だけを測定して酸液の供給量を決定することにより、酸濃度に応じて酸液の供給量を管理していた。

【0011】しかし、この型の連続酸洗設備において酸洗液による鋼帯のスケール層との反応が活発に行われているのは、実際には、最終酸洗槽よりも上流側の酸洗槽である。このため、最終酸洗槽よりも上流側の酸洗槽に収容された酸濃度の変動が大きい場合には、鋼帯にスケール残りが発生する。

【0012】鋼帯にスケール残りが発生すると、ライン速度を低下することにより各酸洗槽の酸濃度を安定させる必要が生じる。また、スケール残りの発生を防止するために、各酸洗槽の酸濃度を通常時よりも高目に管理する必要も生じる。このため、たとえ、酸濃度をリアルタイムで計測して酸液の供給量を制御することができたとしても、酸原単位すなわちコストの上昇は避けられない。

【0013】そのため、従来より、酸洗槽に収容された酸洗液の濃度を連続的に測定することができないことを補って酸濃度を高い応答性で迅速に制御するために、様々な提案がなされてきた。

【0014】例えば、特公昭57-2275号公報には、酸濃度のフィードバック制御ではゲイン(精度)を大きくするとハッチングし、また小さくすると検出器の精度が低下して使用できないことから、液温度、酸濃度、酸反応時間および反応表面積の間の関係式を用いたフィードフォワード制御を行うことによって、酸濃度の制御の応答性を改善する発明が開示されている。

【0015】また、特開平6-126322号公報には、噴流酸洗設備において、最上流の循環タンクにおける酸濃度を調整するとともにそのときの投入酸量に対応する量を一つ下流の循環タンクに供給し、この酸濃度調整および酸供給を下流の循環タンクに対して順次行っていくことにより、各循環タンクの酸濃度を制御する発明が開示さ

れている。

【0016】また、特開平9-125270号公報には、酸濃度および液面レベルの測定値を求め、それらの測定値が目標値を外れる場合に、排酸、給酸そして給水を行う発明が開示されている。

【0017】また、特開平10-147895号公報には、各酸洗槽毎に酸洗液の循環装置を個別に有するとともに隣接する酸洗槽間での酸洗液のオーバーフローを伴わない型の連続酸洗設備に関して、酸濃度を制御する方法が開示されている。

【0018】さらに、特開平7-54175号公報には、連続酸洗設備による酸洗の前後における板厚差から酸洗減量を求め、求めた酸洗減量に基づいて酸供給量および酸濃度を制御する方法が開示されている。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特公昭57-2275号公報により開示された発明で必要となる酸濃度の測定は、連続的に行うことはできない。このため、この発明によっても酸濃度を高精度で制御することはできない。また、この発明の実施に際し、酸濃度を長時間測定すると、サンプリング配管において酸による詰まりが発生し、測定器の稼働率を低下させてしまう。

【0020】また、特開平6-126322号公報により開示された発明により酸濃度を連続的に制御するには、最終循環タンクに収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定する必要がある。しかし、前述したように、酸濃度の連続的な測定は不可能である。このため、この発明によっても、酸濃度を連続的に制御することはできない。

【0021】また、特開平9-125270号公報により開示された発明においても、上述したように酸濃度を連続的に測定することはできない。このため、この発明によっても酸濃度を連続的に制御することは困難である。さらに、この発明では、給水を行うと廃酸の酸濃度が低下する。このため、この発明によると、廃酸の回収時に酸原単位が悪化する。

【0022】また、特開平10-147895号公報により開示された型の連続酸洗設備では、各酸洗槽の酸濃度を独立して制御することができるとともに、高精度で酸濃度を制御することが可能である。しかし、この提案にかかる制御を、何らの設備改造を伴うことなく、隣接する酸洗槽間で酸洗液のオーバーフローが発生する型の連続酸洗設備に適用することはできない。つまり、特開平10-147895号公報に開示された方法を、隣接する酸洗槽間で酸洗液のオーバーフローが発生する型の連続酸洗設備に対して適用するには、酸液の循環タンク、循環ポンプ、廃酸・給酸配管等を各酸洗槽の全てに設置する必要がある。このため、相当な設備投資や設置スペースが必要となり、この発明を実施することは現実には極めて難しい。

【0023】さらに、酸洗でのスケールロスはスケール厚によっても変動し、このスケール厚は例えば熱間圧延

時の巻取温度によって変動する。このため、特開平 7-54175 号公報により開示された発明では、酸濃度の変化量と酸洗ロス量とは必ずしも等しくならない。このため、偏差が発生した分だけ酸濃度の制御精度が低下してしまう。

【0024】このように、従来の技術には、そのいずれにも、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができないという、共通かつ致命的な課題があった。このため、酸液の供給量を手で制御する場合のみならず、自動制御する場合においても、酸濃度の制

御の応答遅れや精度低下を甘受しなければならなかった。  
【0025】ここに、本発明の目的は、酸洗槽に収容された酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができる技術を提供することである。具体的には、本発明の目的は、酸洗槽においてサンプル液を常時測定することによって非測定時間を短縮して酸濃度の変動および偏析を連続かつ的確に測定でき、さらにサンプリング方法も単純であるとともにメンテナンス性にも優れた酸濃度連続測定装置と、この酸濃度連続測定装置に用いることができる導電率計と、導電率の測定法とを提供することである。

#### 【0026】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、かかる目的を達成するために種々検討を重ねた。そして、酸洗槽に収容された酸洗液の一部を絶えず流しておき、この酸洗液の酸濃度を連続的に測定することに着目した。従来は、このように酸洗液を絶えず流そうとしても、流速が低下する部分が必ず発生し、この流速が低下する部分で酸洗液が短時間で詰まってしまうと考えられていた。したがって、これまでは、このようにして酸洗液の酸濃度を連続的に測定することは、全く検討されなかった。

【0027】その結果、本発明者らは、酸洗液の酸濃度以外の物性値を連続的に測定することができる測定装置を酸洗液の流路に配置し、この測定装置から出力される連続的な測定データを用いて演算を行うことによって、酸洗液の詰まりを事実上解消しながら酸洗液の酸濃度を連続的かつ正確に求めることができることを知見した。

【0028】また、本発明者らは、これらの酸濃度の連続的な演算値に基づいて、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に対して、フィードバック制御、またはフィードバック制御とフィードフォワード制御との組合せを行うことにより、絶えず変動する酸濃度に迅速かつ的確に対応でき、酸洗槽の酸濃度を高精度で制御できることを知見した。

【0029】さらに、本発明者らは、酸液を供給される酸洗槽と、この酸液を供給される酸洗槽以外の少なくとも一つの酸洗槽とのそれぞれにおける酸洗液の連続的な演算値に基づいて、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に対してフィードバック制御を行うことにより、下流側の

酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備に関しても、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度を高精度で制御できることを知見した。

【0030】本発明者らは、これらの知見に基づいてさらに検討を重ねた結果、本発明を完成した。ここに、本発明は、測定される酸液が内部を流れる検出部を有し、この検出部の内部および底面の一方または双方を流れる酸液の流れ方向が、検出部の外部における検出部に向かう酸液の流れ方向が略水平方向である場合には、水平方向であり、検出部の外部における検出部に向かう酸液の流れ方向が略水平方向以外の方向である場合には、略水平方向以外の方向であることを特徴とする導電率計である。

【0031】また、別の観点からは、本発明は、導電率計を用いて酸液の導電率を測定する前に、少なくとも、導電率の検出部の内面および底面の一方または双方に、酸液を含浸させておくことを特徴とする酸液の導電率の測定法である。

【0032】さらに、別の観点からは、本発明は、酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路の一部を構成する本体と、この本体に設置されて流路の一部を流れる酸洗液を連続的に測定するための密度計と、流路または酸洗槽における酸洗液を連続的に測定するための温度計および導電率計と、密度計、温度計および導電率計それぞれの測定結果に基づいて流路の一部を流れる酸洗液の酸濃度を演算する演算装置とを備え、導電率計が、測定される酸液が内部を流れる検出部を有し、この検出部の内部および底面の一方または双方を流れる酸液の流れ方向が、検出部の外部における検出部に向かう酸液の流れ方向が略水平方向である場合には、略水平方向であり、検出部の外部における検出部に向かう酸液の流れ方向が略水平方向以外の方向である場合には、略水平方向以外の方向であることを特徴とする酸濃度連続測定装置である。

【0033】この本発明にかかる酸濃度連続測定装置では、温度計および／または導電率計が、本体に設置され、流路の一部を流れる酸洗液を測定することが例示される。また、この場合、本体の内部へ酸洗液を連続的に流入させる配管が、消泡機能を有することが、望ましい。

【0034】また、これらの本発明にかかる酸濃度連続測定装置では、本体の内部であって導電率計の検出部の下方には、この検出部への泡の侵入を抑制する遮断部材が設けられることが、望ましい。

【0035】また、これらの本発明にかかる酸濃度連続測定装置では、密度計が、少なくとも二つの検出部を有する差圧センサー方式の密度計であることが望ましい。この場合、二つの検出部が、本体における流路の形成方向について少なくとも500mm離間して設置されること

が、所望の測定精度を維持するために望ましい。

【0036】また、これらの本発明にかかる酸濃度連続測定装置では、温度計および導電率計が、ともに、本体における流路の出側に設けられることが、所望の測定精度を維持するために望ましい。

【0037】また、これらの本発明にかかる酸濃度連続測定装置では、本体における流路をできるだけ直線状に形成して部分的な流速低下部を発生させないようにし、または、流路のうちで流速が低下して酸洗液が詰まり易い部分には、酸洗液の滞留を抑制することによる詰まり防止機構を設けておくことが、酸洗液による詰まりを防止するために望ましい。

【0038】別の観点から、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちで、酸液を供給される酸洗槽に設置された上記の本発明にかかる酸濃度連続測定装置と、この酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置が提供される。

【0039】別の観点から、連続酸洗設備を構成する複数の酸洗槽のうちで、酸液を供給される酸洗槽と、酸液を供給される酸洗槽以外の少なくとも一つの酸洗槽とにいずれも設置された上記の本発明にかかる酸濃度連続測定装置と、複数の酸濃度連続測定装置それぞれにより得られる演算値に基づいた、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に関するフィードバック制御手段とを組み合わせることを特徴とする酸濃度自動制御装置が提供される。

【0040】これらの酸濃度自動制御装置では、さらに、酸濃度連続測定装置により得られる演算値に基づいた、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度に関するフィードフォワード制御手段を備えることが、制御の応答性をさらに高めるために望ましい。これらの酸濃度連続測定装置または酸濃度自動制御装置の制御対象としての酸洗槽が、浸漬方式ばかりでなく、噴霧方式であってもよい。

【0041】また、上記の酸濃度自動制御装置では、酸液を供給される酸洗槽が最終酸洗槽であることが例示される。さらに、上記の酸濃度自動制御装置が適用される連続酸洗設備は、下流側の酸洗槽に收容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備であることが、例示される。

【0042】本明細書における「連続的な測定」とは、例えば公知の滴定式分析計を用いた場合の測定ピッチ（約15分間）に比べて極めて短い測定ピッチでの測定を意味しており、例えば、測定ピッチが1分間以下、望ましくは10秒間以下である酸濃度測定を意味する。

【0043】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）次に、酸洗液として塩酸を使うとともに最終酸洗槽に酸液を供給する場合を例にとって、本発明にかかる導電率計および酸濃度

連続測定装置の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本実施形態の酸濃度連続測定装置1の内部構造を示す説明図である。図1中の酸濃度連続測定装置本体3内における矢印は、酸洗液の流れを示す。

【0044】図1に示すように、この酸濃度連続測定装置1は、ポンプ13により酸洗槽11から圧送された酸洗液を連続的に一方向へ流すための循環流路2の一部を内蔵する筒状の酸濃度連続測定装置本体3と、循環流路2の一部を流れる酸洗液を連続的に測定する密度計4、温度計5および導電率計6とを備える。

【0045】本実施形態における酸濃度連続測定装置本体3は、筒形状のものであってサンプルである酸洗液を酸洗槽11から連続的に流して酸洗槽11へ戻すことができる構造であればよく、特定の構造には限定されない。

【0046】酸濃度連続測定装置本体3の材質は、酸洗液に浸食されない程度の耐酸性を有するものであればよく、本実施形態ではポリプロピレン製とした。また、酸濃度連続測定装置本体3の内部に形成される循環流路2の一部は、できるだけエルボ等の流速低下部が少ないストレータ状に形成してある。これにより、酸濃度連続測定装置本体3の内部において、酸洗液の流れが低下することによる詰まりの発生が可及的に抑制される。

【0047】さらに、循環流路2の一部を流れる酸洗液の流速は、密度計4、温度計5および導電率計6それぞれの測定精度を維持するために、2m/sec以下であることが望ましい。すなわち、本実施形態の酸濃度連続測定装置1の酸濃度連続測定装置本体3の内部では、循環流路2の上部が、排出用配管2と略同じ高さ位置に形成されている。これにより、ポンプ13により圧送されてきた酸洗液は、図中の破線矢印で示すように、酸濃度連続測定装置本体3の内部における最上部付近において、一旦オーバーフローしてから、排出用配管2へ導かれる。このため、本実施形態の酸濃度連続測定装置1では、循環流路2を流れる酸洗液の流速を、密度計4、温度計5および導電率計6の測定精度の観点から望ましい流速である2m/sec以下に、容易に設定・管理することができる。本実施形態では、酸洗液の流速は1m/secに設定した。

【0048】また、本実施形態では、密度計4には、二つの検出部4-1、4-2を有する公知の差圧センサー方式の密度計を用いた。二つの検出部4-1、4-2は、所望の密度測定精度を確保するために、循環流路2の一部の形成方向に関する距離d<sub>1</sub>が少なくとも500mmとなるように離して、酸濃度連続測定装置本体3の長手方向略中央の胴部に設置される。

【0049】図2は、密度計4の設置部近傍を抽出して示す断面図である。図2に示すように、酸濃度連続測定装置1には、密度計4の二つの検出部4-1、4-2へ酸洗液を導くための分流部8が不可避免的に形成される。この分流部8は、循環流路2の一部を構成するものの、



酸洗液の流速が低下して塩化鉄結晶7が堆積して詰まり易い部分である。そこで、本実施形態では、詰まり防止機構としてパージ管9を分流部8に設置してある。パージ管9を介して詰まり易い部分へ向けて酸洗液を噴出する。これにより、詰まり易い部分における酸洗液の滞留が抑制され、酸洗液の詰まりが確実に防止される。

【0050】図1に示すように、本実施形態では、温度計5には公知の白金抵抗体式の温度計を用いた。温度計5は、循環流路2の一部の出側で測定を行うことができるように、酸濃度連続測定装置本体3の頭部に設置される。

【0051】図3は、本実施形態で用いる導電率計6を抽出して示す説明図である。同図に示すように、導電率計6は導電率の検出部6aを有する。この検出部6aは、中空の円筒形状を有し、その内周面および外面をいずれもPTFEにより被覆される。また、検出部6aは、測定される酸洗液が水平方向および垂直方向のいずれの方向に対しても交差する方向（本実施形態では水平方向および垂直方向のいずれの方向に対しても45度交差する方向）へ通過するように、内面および底面が、水平方向および垂直方向のいずれの方向に対しても斜めに交差する方向に向けて形成される。この理由を図4および図5を参照しながら、詳細に説明する。

【0052】図4は、比較のための導電率計6'の説明図であり、図4(a)は導電率計6'を用いた酸濃度連続測定装置1'の縦断面図、図4(b)は導電率計6'の斜視図、図4(c)は導電率計6'の縦断面図である。

【0053】図1に示すように、酸洗槽11から酸洗液を循環流路2を用いて循環させると、図3に示すように、酸洗処理された鋼帯から剥離した鉄分を含むスケールが、循環流路2内で酸洗液（塩酸）と反応して水素ガスの気泡Bが発生する。このようにして発生した気泡Bは、図4(a)に示すように、導電率計6'の検出部6a'を通過する際に、PTFEを被覆された内周面および外面はいずれも親水性を示すことから、この内周面および底面に付着して成長する。検出部6a'の内周面および底面で成長した気泡Bは、検出部6a'の磁場を遮断する作用（シールド効果）を奏する。このため、導電率計6'の指示値が低下して異常値を示し、気泡Bがさらに成長して自身の浮力により検出部6a'の内周面および底面から離れると導電率計6'の指示値が急上昇して正常値を示す。このため、導電率計6'の出力値aは、図4(a)中にグラフで例示するような鋸歯状となって安定せず、高精度で導電率を測定することができなくなってしまう。

【0054】これに対し、図5は、本実施形態の導電率計6の説明図であり、図5(a)は導電率計6を用いた酸濃度連続測定装置1の縦断面図、図5(b)は導電率計6の縦断面図、図5(c)は導電率計6の斜視図である。

【0055】本実施形態では、内面および底面が、水平

方向および垂直方向のいずれの方向に対しても交差する方向に向けて形成されるように、検出部6aを斜めに配置する。これにより、気泡Bが検出部6aを通過する際における滞留時間が低減され、内面および底面において気泡Bが磁場を遮断する程度にまで大きく成長することが、防止される。

【0056】検出部6aの傾斜角度 $\theta$ は、気泡Bが検出部6aに滞留する時間を低減するには、0度超90度未満であればよいが、同様の観点から、傾斜角度 $\theta$ は、30度以上60度以下であることが望ましく、45度であることが特に望ましい。また、気泡Bの検出部6aへの付着を防止するには、内面および底面を例えば成形加工することにより滑らかに仕上げておくことも望ましい。

【0057】本実施形態によれば、多少の気泡Bが存在しても、導電率計6の出力値aは、図5(a)中にグラフで例示するように安定して略直線状となり、所望の測定精度で導電率を測定することができる。なお、図5(d)の縦断面図および図5(e)の斜視図に示すように、検出部6aの支持位置6bを変更してもよい。

【0058】本実施形態の導電率計6は、検出部6aが傾斜して配置されたこと以外は、公知の電磁誘導型の導電率計と同じである。導電率計6は、温度計5と同様に、循環流路2の一部の出側で測定を行うことができるように、酸濃度連続測定装置本体3の頭部に設置される。

【0059】なお、本実施形態では、温度計5および導電率計6は、いずれも、酸濃度連続測定装置本体3に設けた。これは、温度計5および導電率計6をともに密度計4の近傍に配置することにより、測定誤差を可及的低減するためである。しかし、温度計5、導電率計6は、必ずしも酸濃度連続測定装置本体3に配置する必要はない。温度計5、導電率計6を、酸洗槽11の内部または、酸洗槽11と酸濃度連続測定装置本体3との間の循環流路2を構成する配管等に設置して、循環する酸洗液の温度、導電率を測定することとしてもよい。この場合、密度計4の設置部近傍における温度、導電率の値と、温度計5、導電率計6の設置部における測定データとの偏差を予め求めておき、これらの偏差を用いて温度計5、導電率計6の設置部における測定データを補正すればよい。これにより、温度計5および導電率計6を密度計4の近傍に配置しなくとも、測定誤差が可及的低減される。

【0060】また、図3に示すように、本実施形態の酸濃度連続測定装置1では、遮断部材であるスクリーン30が、酸濃度連続測定装置本体3の内部であって検出部6aの下方に、適宜手段により固定される。

【0061】図6は、スクリーン30を設けた酸濃度連続測定装置1の縦断面図である。スクリーン30はV字型の断面を有する通水性を有する部材であり、適当な粗さを有する。このスクリーン30は酸洗液に浸食されない程度の耐酸性を有する材料により構成されればよく、本実施



形態ではポリプロピレン製とした。

【0062】スクリーン30は、酸濃度連続測定装置本体3の内部を流れる酸洗液に含まれる気泡Bが検出部6aへ進入しないように、導き、検出部6aへの気泡Bの侵入を防止する。

【0063】本実施形態によれば、気泡Bが検出部6aへ進入することがさらに抑制され、導電率計6の出力値aは、図6中にグラフで例示するようにさらに安定して略直線状となり、所望の測定精度で酸洗液の導電率を測定することが可能となる。

【0064】さらに、本実施形態の酸濃度連続測定装置1では、酸濃度連続測定装置本体3の内部へ酸洗液を連続的に流す配管である循環流路2に、消泡機能が与えられている。

【0065】図7は、この循環流路2の構成を示す説明図である。また、図8は、酸洗槽11における循環流路2の構成を示す説明図である。図7に示すように、循環流路2の一部に脱気管31が設けられている。脱気管31は、循環流路2よりも大径の管であって、垂直方向に向けて延設される。脱気管31の上部は、大気開放される。

【0066】循環流路2を送られてきた酸洗液は、大径の脱気管31を介して、酸濃度連続測定装置本体3の内部へ導かれる。ここで、脱気管31は大径であるために酸洗液の流速が低下するとともに脱気管31の上部は大気開放されているため、酸洗液に含まれる気泡Bはその浮力によって脱気管31の上部開口部へ向かい、脱気管31から系外に排出される。このように、脱気管31は消泡機能を有する。

【0067】このため、酸濃度連続測定装置本体3の内部へ導かれる酸洗液中の気泡Bの量が低減され、気泡Bが検出部6aへ進入することをさらに抑制できる。このため、導電率計6の出力値aは、図7中にグラフで例示するようにさらに安定して略直線状となり、所望の測定精度で酸洗液の導電率を測定することができる。また、本実施形態では、酸洗槽11に収容された酸洗液に浸漬される取出配管32にも、気泡Bの発生抑制対策がなされている。

【0068】図8は、この取出配管32を示す説明図である。取出配管32から酸洗液を取り込む際に、酸洗液とともに、酸洗処理された鋼帯から剥離した鉄分を含むスケール35を取り込んでしまうと、図8右上の拡大図に示すように、取出配管32の内部で、取り込まれたスケール35が塩酸と反応して気泡B（水素ガス）が発生し、導電率計6の測定精度低下を引き起こす。そこで、本実施形態では、図8右下の拡大図に示すように、取出配管32の下部にエンドキャップ32aを設けるとともに、取出配管32の先端部34の外周面に、スケール35の侵入を遮断することができる大きさの吸引孔36を多数設けてある。これにより、取出配管32の内部へのスケール35の侵入が抑制され、気泡Bの発生が防止される。

【0069】さらに、本実施形態では、酸洗槽11における取出配管32の先端部34の設置位置は、酸洗処理される鋼帯33の通過位置等も勘案し、酸洗槽11内の酸洗液の流れが最も少ない位置とした。なお、図8の酸洗槽11における矢印は、気泡Bの流れを示す。

【0070】この酸濃度連続測定装置1は、後述する図10に示すように、本実施形態では、酸洗槽11の外壁面近傍に設置される。そして、酸濃度連続測定装置1は、酸洗槽11の近傍に設置したポンプ13により酸洗槽11に収容された酸洗液を一方向へ流す。これにより、酸濃度連続測定装置1は、連続的に酸洗液の密度、温度および導電率をいずれも測定することが可能である。

【0071】このように、本実施形態の酸濃度連続測定装置1で用いる密度計4および温度計5には、いずれも、高い使用実績を有する公知の工業計器を使用するとともに、導電率計6には検出部6aを傾斜させた点以外は公知の導電率計と同じである工業計器を使用する。このため、本実施形態の酸濃度連続測定装置1は、極めて高い精度で正確に、酸洗液の密度、温度および導電率を求めることができる。

【0072】また、本実施形態の酸濃度連続測定装置1には、密度計4により連続的に測定された密度と、温度計5により連続的に測定された温度と、導電率計6により連続的に測定された導電率とに基づいて、酸洗液の酸濃度を演算する演算装置14が設置される。この演算装置14により酸洗液の酸濃度が連続的に演算される。演算装置14による酸濃度の演算内容は、図9および図10を参照しながら後述する。

【0073】また、本実施形態の酸濃度連続測定装置1では、酸濃度連続測定装置本体3を筒型状単管式とする。このため、以下に列記する効果(i)～(viii)が奏せられる。

【0074】(i) 循環流路2の形状をできるだけ直線状とし、またパージ管9を分流部8に設ける。このため、循環流路2内、特に密度計4、温度計5および導電率計6それぞれの近傍における酸洗液の滞留が防止され、酸洗液を連続的に流すことができる。

【0075】(ii) 酸洗液は、循環流路2内を連続的に流れる。このため、循環流路2内における酸洗液の偏析が防止され、別々に採取した複数種の酸洗液をも同一条件で正確に測定することができる。

【0076】(iii) ポンプ13により酸洗液を常時流すとともに、流速低下部をできるだけ少なくした循環流路2の分流部8にパージ管9を設置する。このため、酸濃度連続測定装置本体3のメンテナンス性および内部洗浄性がいずれも著しく向上し、酸洗液の詰まりを解消しながら連続測定を行うことができる。

【0077】(iv) 酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するため、酸洗液の酸濃度を連続的に測定することができる。これにより、この酸濃度連続測定装置

1を、例えば連続酸洗設備の最終酸洗槽の酸濃度に関するフィードバック制御、または、フィードバック制御およびフィードフォワード制御と組合せることにより、最終酸洗槽の酸濃度を連続的かつ高精度で自動制御することが可能となる。

【0078】(v) 酸濃度連続測定装置1は、図1に示すように、極めて簡単な外部形状を有する。このため、例えば連続酸洗設備等への設置の自由度が高い。

(vi) 酸濃度連続測定装置1の内部は、図1に示すように、簡単な内部構造を有する。このため、循環流路2を流れる酸洗液の流速を、密度計4、温度計5および導電率計6の測定精度の観点から望ましい流速である2m/sec以下に、容易に設定・管理することができる。したがって、酸濃度連続測定装置1は、測定精度の維持が容易である。

【0079】(vii) 酸濃度連続測定装置1は簡単な構造であるため、酸洗槽の近傍に容易に設置することができる。このため、酸洗槽から酸洗液を分流させる循環流路2を構成する配管の長さを可及的短くすることができる。これにより、酸洗液が酸洗槽を出てから酸濃度連続測定装置1に到達して測定されるまでの間のタイムロス

を可及的短縮することができる。このため、酸濃度連続測定装置1は、制御精度の低下を抑制できる。

【0080】(viii) 検出部6aを傾斜させた導電率計6を用い、スクリーン30を設置し、脱気管31を用い、さらには酸洗槽11内における取出配管32の先端部34を酸洗槽11内の酸洗液の流れが最も少ない位置に配置するため、酸洗液に含まれる気泡Bに起因した測定精度の低下を、可及的抑制できる。

【0081】図9は、連続酸洗設備12へ適用した本実施形態の酸濃度自動制御装置10の制御系の一例を模式的に示す説明図である。また、図10は、本発明にかかる酸濃度自動制御装置10を構成する最終酸洗槽11dの概略を示す説明図である。

【0082】この連続酸洗設備12では、酸洗槽を連続して4槽設けてある。第4槽11dが最終酸洗槽である。第4槽11dより上流側に第3槽11c、第2槽11bそして第1槽11aが順次設けられている。酸洗処理される鋼帯(本例では熱延鋼帯)は、図示していないが、図面向かって右側から左側に向かって搬送される。これにより、鋼帯は、各槽11a~11dに順次浸漬されながら酸洗される。なお、図9および図10の説明では、第1槽11aに付帯する設備には符号aを付し、以下、第2槽11bには符号bを、第3槽11cには符号cを、第4槽11dには符号dをそれぞれ付すこととする。

【0083】この連続酸洗設備12の各酸洗槽11a~11dには、各酸洗槽11a~11dそれぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するために、ポンプ13a~13dを介して、前述した本実施形態の酸濃度連続測定装置1a~1dが接続される。酸洗液は、ポンプ13a

~13dにより各酸洗槽11a~11dから循環流路2を介して圧送される。圧送された酸洗液は、酸濃度連続測定装置1a~1dの内部に形成された循環流路2a~2dの一部を流れ、各酸洗槽11a~11dへ戻される。循環する酸洗液は、酸濃度連続測定装置1a~1dの内部に形成された循環流路2a~2dの一部を流れる間に、密度計4a~4d、温度計5a~5dおよび導電率計6a~6dにより、密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。

【0084】なお、本実施形態における酸濃度連続測定装置1a~1dによる「連続的な測定」とは、例えば公知の滴定式分析計を用いた場合の測定ピッチ(約15分間)に比べて極めて短い測定ピッチでの測定を意味しており、例えば、測定ピッチが1分間以下、望ましくは10秒間以下である酸濃度測定を意味する。

【0085】なお、図9および図10に示すように、循環流路2には、詰まり防止のための濾過装置は設けていない。本実施形態の酸濃度連続測定装置1では、循環流路2に詰まり防止のために濾過装置を設けなくとも、酸洗液の滞留に起因した詰まりは発生しない。したがって、詰まり防止のために濾過装置を循環流路2に設けると、却って、この濾過装置において詰まりが発生するおそれがある。

【0086】酸濃度連続測定装置1a~1dは、演算装置であるDDC(直接デジタル制御)装置14に接続される。このDDC装置14からの制御信号が、最終酸洗槽11dへの酸液(塩酸)供給量を調整する弁機構15の開閉信号として送られる。

【0087】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置10は、酸液の供給を最終酸洗槽である第4槽11dだけに対して行い、第1槽11a~第3槽11cへの酸液の供給は行わない。ただし、第4槽11dから第3槽11cへ、第3槽11cから第2槽11bへ、第2槽11bから第1槽11aへ、それぞれ酸洗液がオーバーフローする。このため、最終酸洗槽である第4槽11d以外の各酸洗槽11a~11cの酸濃度は、上昇および低下を繰り返しながらも、略一定に保たれる。

【0088】この本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、酸濃度連続測定装置1a~1dにより連続的に得られた密度、温度および導電率それぞれに関する測定値は、信号データとしてDDC装置14へ送られる。DDC装置14は、送られたデータのうちで最終酸洗槽11dに関するデータに基づいて、後述するようにして、最終酸洗槽11dの酸濃度を演算する。

【0089】なお、最終酸洗槽11d以外の酸洗槽11a~11cに関するデータは、本実施形態の酸濃度自動制御装置10ではフィードフォワード制御を行うために用いられる。このフィードフォワード制御については後述する。

【0090】DDC装置14は、演算された最終酸洗槽11dの酸洗液の酸濃度と、予め決められた酸濃度の目標値とを比較する。そして、DDC装置14は、両者の偏差をゼロ

とするべく、最終酸洗槽11dへの酸液の供給量を演算する。演算された酸液の供給量は、DDC装置14から、給酸量制御信号として弁機構15の開閉機構へ送られる。これにより、弁機構15の開閉が制御され、最終酸洗槽11dへの酸液の供給量が変更される。このようにして、最終酸洗槽11dの酸濃度がフィードバック制御される。

【0091】すなわち、図10において、本実施形態の酸濃度自動制御装置10は、最終酸洗槽11dと、最終酸洗槽11dへの酸液供給系15と、演算器（データ処理用コンピュータ）14を有する酸濃度連続測定装置1dとから構成される。そして、最終酸洗槽11dの酸濃度は、酸濃度連続測定装置1dによって連続的に測定される酸洗液の密度、温度および導電率のデータに基づいて、演算器14によって算出される。なお、図10における廃酸タンク16は、第1酸洗槽11aからオーバーフローする廃酸を処理するためのタンクであり、第1酸洗槽11aに接続されている。

【0092】図11(a)、図11(b)は、それぞれ、塩酸濃度\*

$$SA = S - a(T - 25) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$DA = D + b(T - 25) \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\text{塩酸濃度} = c \{ d \{ e \cdot SA + f \cdot SA(DA - 1) \} - g \{ h \cdot SA + i \cdot SA(DA - 1) \} + j \} + k \dots \textcircled{3}$$

$$\text{塩化鉄濃度} = m(n \cdot DA - SA) - p \quad \dots \textcircled{4}$$

ただし、Sは導電率実測値を、Tは温度実測値を、SAは導電率温度補正値を、DAは密度実測値を、符号a～pは定数を、それぞれ示す。

【0095】このように連続的に測定した密度、温度および導電率の値を上記の関係式①～④に代入することにより、各酸洗槽11a～11dにおいて連続的に塩化鉄濃度、塩酸濃度が求められる。本実施形態では、最終酸洗槽11dに関する測定値から、最終酸洗槽11dの塩酸濃度が連続的に求められる。

【0096】そして、このようにして得られた塩酸濃度と目標とする塩酸濃度との偏差をゼロとするために、塩酸供給系15に酸液の供給量を決定する制御信号が出力される。このようにして、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、最終酸洗槽11dの密度、温度および導電率それぞれの実測値から酸洗液の酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度を目標値に一致させるべく、最終酸洗槽11dの酸濃度をフィードバック制御する。

【0097】すなわち、本実施形態の酸濃度自動制御装置10の第1の特徴は、第4槽11dのみに対して行っている酸液の供給量の最適化を図るために、酸濃度連続測定装置1dと、第4槽11dに関する酸液の供給量のフィードバック制御とを組み合わせる点にある。これにより、酸濃度の連続的な測定値、すなわち測定間隔が従来に比較して極めて短く、略連続した酸濃度の測定値を用いて、最終酸洗槽11dに対する酸液の供給量をフィードバック制御することができる。このため、本実施形態の酸濃度自動制御装置10によれば、酸濃度制御の応答性を顕著に向上することができる。これにより、酸濃度の変

\*度、塩化鉄濃度の調整値とそれぞれの計算値との関係を示す検量線に関するグラフである。図11(a)における横軸B<sub>1</sub>は塩酸濃度調整値を示し、縦軸C<sub>1</sub>は塩酸濃度計量値を示す。また、図11(b)における横軸B<sub>2</sub>は塩化鉄濃度調整値を示し、縦軸C<sub>2</sub>は塩化鉄濃度計量値を示す。検量線に関するこのグラフを予め作成しておくことにより、塩酸濃度、塩化鉄濃度の調整値を容易に求めることができる。

【0093】図12は、密度計4d、温度計5dおよび導電率計6dにより得られた測定値の処理の概要を示す説明図である。同図に示すように、密度計4d、温度計5dおよび導電率計6dの測定結果は、図10におけるアンプ盤（変換盤）18を介して、アナログ信号で演算機14へ入力される。

【0094】演算機14により塩酸濃度および塩化鉄濃度が演算される際の算出式は、例えば、次の通りである。

動量を小さくできるために、酸濃度の高濃度側へのばらつきを小さく抑制でき、酸原単位の上昇を可及的に抑制することが可能となる。

【0098】さらに、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、酸濃度制御の応答性をさらに向上させるために、最終酸洗槽11d以外の酸洗槽11a～11cに関する測定データを用いて、最終酸洗槽11dの酸洗液の酸濃度をフィードフォワード制御する。以下、このフィードフォワード制御について説明する。

【0099】図9において、最終酸洗槽11d以外の酸洗槽11a～11cにそれぞれ設けた酸濃度連続測定装置1a～1cにより、各酸洗槽11a～11cに収容された酸洗液の酸濃度が連続的に測定される。酸濃度連続測定装置1a～1cによる測定は、酸濃度連続測定装置1dによる測定と同じである。

【0100】酸濃度連続測定装置1a～1cによる測定結果に基づいて、酸洗槽11a～11cにおける単位時間当たりの酸消費量の実績値が求められる。そこで、各酸洗槽11a～11cにおける単位時間当たりの酸消費量の実績値に基づいて、最終酸洗槽11dにおける単位時間当たりの酸消費量を予測する。

【0101】すなわち、各酸洗槽11a～11dにおける単位時間当たりの酸消費量は、ストリップ持ち出し量によって急激に変動する。このストリップ持ち出し量は、通板される鋼板の板厚、板幅およびラインスピードに略比例する。このため、酸濃度連続測定装置1a～1cにより酸洗槽11a～11cにおける酸濃度の変化を連続的に測定しておくことにより、最終酸洗槽11dにおける酸濃度の変

化、すなわち酸消費量を高精度で予測することができる。なお、酸洗槽11a～11cの全てに関する単位時間当たりの酸消費量の実績値を用いる必要はなく、例えば最終酸洗槽11dに隣接した第3酸洗槽11cに関する実績データを用いることとして、簡略化してもよい。

【0102】すなわち、図10において、前述したフィードバック制御を行う際に、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20には、板厚、板幅およびラインスピードの実績値が入力される。このため、これらのデータを DDC装置19へ取り込めるように、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20を接続しておく。

【0103】つまり、演算装置14によりフィードバック制御によって演算された酸液の供給量を DDC装置19へ入力する。また、連続酸洗設備プロセスコンピュータ20からの板厚、板幅およびラインスピードそれぞれに関する実績値と、演算装置14により演算された酸洗槽11a～11cにおける酸濃度の変化とを DDC装置19へ入力する。そして、DDC装置19により、酸洗槽11a～11cにおける酸濃度の低下率に基づいて最終酸洗槽11dにおける酸消費量を予測し、フィードバック制御により演算された酸液の供給量を、フィードフォワード制御により、さらに補正・変更する。

【0104】板厚、板幅およびラインスピードの実績値から塩酸濃度の低下分を予測するには、例えば次のようにして行えばよい。図9および図10において、酸洗槽11a～11cの塩酸濃度は、前述の③式および④式を用いることにより求められる。このようにして求めた塩酸濃度に、図11(a)および図11(b)に示した、板厚、板幅およびラインスピードを関数として予め求めてある相関関係式(検量線)により、塩酸消費量、つまり低下分を予測する。ここで、フィードフォワード制御関数FFは、例えば下記⑤式により、求められる。

$$\text{FF} = K_f \cdot W \cdot f(d) \cdot g(Ls) \quad \dots \dots \text{⑤}$$

ただし、⑤式において、 $K_f$ は濃度変動係数を、 $W$ は板幅を、 $f(d)$ は板厚を、さらに $g(Ls)$ はラインスピードを、それぞれ示す。

【0106】すなわち、フィードバック制御による加算および減算により、最終酸洗槽における酸濃度の目標値に対しての偏差を抑制する。さらに、フィードバック制御により求められた酸液の供給量を、フィードフォワード制御による乗算および加算により酸液の供給量を予測的に導き出すことにより、補正する。これにより、最終酸洗槽に対する塩酸供給量を、極めて高精度で制御することができる。

【0107】このようにして、酸洗槽11a～11cにおける酸消費量の実績値に基づいて、最終酸洗槽11dにおける酸液の供給量を変更するフィードフォワード制御を、フィードバック制御に重畳させて、行う。これにより、最終酸洗槽11dの酸濃度だけを用いるフィードバック制

御だけでは迅速に応答できない、ストリップ持ち出しによる最終酸洗槽11dの酸濃度の急激な低下に対しても、極めて少ないタイムラグで酸濃度を高精度で制御することができる。

【0108】以上説明したように、本実施形態によれば、酸濃度連続測定装置1dと、最終酸洗槽11dの酸濃度の連続測定値を用いるフィードバック制御手段とを組み合わせる。このため、酸液を供給される酸洗槽である最終酸洗槽11dに対する酸液の供給量を連続的に求めることができ、最終酸洗槽11dの酸濃度を目標値に迅速かつ高精度で制御することができる。

【0109】さらに、酸洗槽11a～11cの酸濃度の変動値を用いて最終酸洗槽11dの酸消費量を予測するフィードフォワード制御を重畳させることにより、ストリップ持ち出しによる最終酸洗槽11dの酸濃度の急激な低下に対しても迅速に応答して、適正な酸液の供給量を求めることができる。

【0110】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置10では、(i)連続酸洗設備12を構成する最終酸洗槽11dのそれぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定する酸濃度連続測定装置1dと、(ii)得られた測定値から予め求めたそれらの値の相関関係式に基づき最終酸洗槽11dにおける塩酸濃度および塩化鉄濃度、つまり鉄イオン濃度を導き出し、それらの結果を連続的に出力して、最終酸洗槽11dの塩酸濃度値と目標値との比較を行い、その差異がゼロとなるように最終酸洗槽11dへの酸液の供給量を変更するフィードバック制御手段と、(iii)板厚、板幅およびラインスピードと、酸洗槽11a～11cの塩酸および塩化鉄の各濃度測定結果とを用いて酸洗槽11a～11cにおける酸消費量を求め、これに基づいて最終酸洗槽11dの酸液の供給量を変更するフィードフォワード制御手段とを組み合わせる。このため、最終酸洗槽11dにおける酸液の供給量の自動制御における酸濃度制御の応答遅れや精度低下を、いずれも解消できる。

【0111】(第2実施形態)図13(a)は、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備21の説明図である。また、図13(b)は、本実施形態の酸濃度自動制御装置22を連続酸洗設備21に適用した状況を示す説明図である。

【0112】図13(a)に示すように、この連続酸洗設備21では、酸洗槽を連続して5槽設けてある。この連続酸洗設備21では第5槽21eが最終酸洗槽となる。第5槽21eより上流側に第4槽21d、第3槽21c、第2槽21bそして第1槽21aが順次設けられる。図示するように、酸洗処理される鋼帯23(本例では熱延鋼帯)は図面向かって右側から左側に向かって搬送される。鋼帯23は、各槽21a～21eに順次浸漬されながら酸洗される。なお、図13(a)および図13(b)の説明では、第1槽21aに付帯す

る設備には符号 a を付し、以下、第 2 槽 21b には符号 b を、第 3 槽 21c には符号 c を、第 4 槽 21d には符号 d を、さらに第 5 槽（最終酸洗槽）21e には符号 e を、それぞれ付すこととする。

【0113】図13(b)に示すように、この連続酸洗設備 21 の各酸洗槽 21a ~ 21e には、各酸洗槽 21a ~ 21e それぞれにおいて酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定するために、図示しない 5 基のポンプをそれぞれ介して、前述した図 1 ~ 図 8 に示す酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e が接続される。酸洗液は、5 基のポンプにより各酸洗槽 21a ~ 21e から圧送される。圧送される酸洗液は、循環流路 2 を介して、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e の内部に形成された循環流路 2a ~ 2e の一部を流れて各酸洗槽 21a ~ 21e へ循環する。酸洗液は、循環流路 2a ~ 2e の一部を流れる間に、密度計 4a ~ 4e、温度計 5a ~ 5e および導電率計 6a ~ 6e により、密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。

【0114】酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e は、演算装置である DDC (直接デジタル制御) 装置 24 に接続される。この DDC 装置 24 からの制御信号は、最終酸洗槽 21e への酸液の供給量を調整する弁機構 25 の開閉信号として送られる。

【0115】このように、本実施形態の酸濃度自動制御装置 22 では、酸液の供給を最終酸洗槽である第 5 槽 21e だけに対して行い、第 1 槽 21a ~ 第 4 槽 21d への酸供給は行わない。ただし、この連続酸洗設備 21 では、第 5 槽 21e から第 4 槽 21d へ、第 4 槽 21d から第 3 槽 21c へ、第 3 槽 21c から第 2 槽 21b へ、第 2 槽 21b から第 1 槽 21a へ、それぞれ酸洗液がオーバーフローする。このため、酸濃度自動制御装置 22 の各酸洗槽 21a ~ 21d の酸濃度は、上昇および低下を繰り返しながらも、略一定に保たれる。

【0116】この本実施形態の酸濃度自動制御装置 22 では、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e により連続的に得られた密度、温度および導電率それぞれに関する測定値は、信号データとして DDC 装置 24 へ送られる。DDC 装置 24 は、送られたデータのうちの最終酸洗槽 21e および第 4 槽 21d に関するデータに基づいて、後述するようにして、最終酸洗槽 21e の酸濃度を算出する。

【0117】DDC 装置 24 は、算出された最終酸洗槽 21e、第 4 槽 21d それぞれの酸濃度値と、予め決められたそれぞれの目標値とを比較する。そして、DDC 装置 24 は、最終酸洗槽 21e への酸液の供給量を演算する。

【0118】図14は、DDC 装置 24 における酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。以下、図14に示すフロー図を参照しながら、DDC 装置 24 における酸液の供給量の決定演算の流れを説明する。

【0119】ステップ（以下、「S」と記す。）1において、DDC 装置 24 が起動されてフィードバック制御が開始される。DDC 装置 24 の起動後に S 2 へ進む。S 2 にお

いて、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e それぞれにより、各酸洗槽 21a ~ 21e に収容された酸洗液の密度、温度および導電率がそれぞれ連続的に測定される。測定完了後に S 3 へ進む。

【0120】S 3 において、酸濃度連続測定装置 1a ~ 1e それぞれにより連続的に測定された酸洗液の密度、温度および導電率に基づき、前述した①式 ~ ③式を用いて、各酸洗槽 21a ~ 21e に収容された酸洗液の酸濃度が演算される。酸濃度の演算後に S 4 へ進む。

【0121】S 4 において、1 回目の濃度測定結果の判定が行われる。すなわち、①最終酸洗槽である第 5 槽 21e の酸濃度の演算値  $C5_{\text{算}}$  が、第 5 槽 21e の酸濃度の管理下限値  $C5_{\text{下}}$  より小さく、かつ②第 4 槽 21d の酸濃度の演算値  $C4_{\text{算}}$  が、第 4 槽 21d の酸濃度の管理下限値  $C4_{\text{下}}$  より小さいか、否かが判定される。小さい場合には S 5 へ進み、小さくない場合には S 6 へ進む。

【0122】S 5 において、弁機構 25 からの第 5 槽 21e への酸液の供給量を、W から  $W + \delta W$ （ただし、 $\delta W$  は酸供給量の補正值を示す。）へと増加し、S 2 へ進む。S 6 において、2 回目の濃度測定結果の判定が行われる。すなわち、①最終酸洗槽である第 5 槽 21e の酸濃度の演算値  $C5_{\text{算}}$  が、第 5 槽 21e の酸濃度の管理上限値  $C5_{\text{上}}$  より大きく、かつ②第 4 槽 21d の酸濃度の演算値  $C4_{\text{算}}$  が、第 4 槽 21d の酸濃度の管理上限値  $C4_{\text{上}}$  より大きい場合、否かが判定される。大きい場合には S 7 へ進み、大きくない場合には S 8 へ進む。

【0123】S 7 において、弁機構 25 からの第 5 槽 21e への酸液の供給量を、W から  $W - \delta W$  へと減少し、S 2 へ進む。S 8 において、弁機構 25 からの第 5 槽 21e への酸供給量が W として決定される。この後、S 1 へ進み、以降 S 1 ~ S 8 を繰り返す。

【0124】このように、DDC 装置 24 における酸液の供給量の決定演算では、酸濃度連続測定装置 1d、1e それぞれによる酸濃度の測定結果を、第 4 槽 21d および第 5 槽 21e それぞれについて予め設定した管理上限値および管理下限値と比較する。

【0125】酸濃度連続測定装置 1d、1e それぞれによる酸濃度の測定結果がともに管理下限値を下回る場合には、予め設定してある酸液の供給量 W に補正值  $\delta W$  を上乗せする。一方、測定結果がともに管理上限値を上回る場合には、逆に補正值  $\delta W$  を差し引く。これにより、弁機構 25 からの第 5 槽 21e への酸液の供給量が変更され、供給される酸液の流量が変わる。

【0126】演算された酸液の供給量 W は、DDC 装置 14 から、給酸量制御信号として弁機構 15 の開閉機構に送られて、弁機構 15 の開閉を制御する。これにより、最終酸洗槽 11d への酸液の供給量が変更されて、フィードバック制御が行われる。このため、酸濃度の測定値を用いた第 5 槽 21e および第 4 槽 21d 以外の第 3 槽 21c ~ 第 1 槽 21a についても酸濃度が安定化し、全体の酸濃度も低下



する。

【0127】このようにして、本実施形態によれば、各酸洗槽21a～21eに収容された酸洗液の酸濃度の測定結果を、酸液の供給量の決定に連続的にフィードバックさせることができる。

【0128】さらに、本実施形態では、最終酸洗槽である第5槽21eのみならず、第5槽21eに隣接する第4槽21dの酸濃度もフィードバック制御する。このため、第5槽21eの酸濃度の測定結果だけを用いた場合に比較すると、より安定的に各酸洗槽21a～21eの酸濃度を自動

制御することができる。

【0129】このようにして、本実施形態の酸濃度自動制御装置22では、最終酸洗槽21eおよび第4槽21dそれぞれにおける酸洗液の密度、温度および導電率それぞれの実測値から酸濃度を連続的に求め、求めた酸濃度を目標値に一致させるべく、酸液の供給量のフィードバック制御を行う。

【0130】すなわち、本実施形態の酸濃度自動制御装置22の特徴は、第1実施形態によれば第5槽21eのみに対して行う酸液の供給量をさらに最適化するため、酸濃度連続測定装置1e、1dによる第5槽21eおよび第4槽21dそれぞれに対する酸濃度の連続測定と、第5槽21eに関する酸液の供給量のフィードバック制御とを組み合わせ用いる点である。これにより、酸濃度の連続的な測定値、すなわち測定間隔が極めて短く略連続した酸濃度の測定値を用いて、最終酸洗槽21eの酸洗液の酸濃度をフィードバック制御することができ、酸濃度制御の応答性を顕著に向上することができる。また、これにより、酸濃度の変動量を小さくできるために、酸濃度の高濃度側へのばらつきを小さくでき、酸原単位の上昇を可及的に抑制することが可能となる。

【0131】なお、図14に示す酸液の供給量の決定演算のS4およびS6において、第5槽21eおよび第4槽21dそれぞれの濃度区分をさらに細分化して判定してもよい。また、酸液の供給量Wを決定する際に、酸洗ラインを管理するプロセスコンピュータ等から、予め今後処理される鋼帯の情報に基づいてフィードフォワード制御を行うことにより、酸液の供給量をさらに変更することも可能である。

【0132】さらに、本実施形態において、第1槽21a～第2槽21cそれぞれからの測定値を用いた演算値を、同様に組み合わせてフィードバック制御を行ってもよい。ただし、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせるとともに最終酸洗槽に酸液を供給する場合、酸液の供給量による濃度コントロールは第4槽21dと比較すると、第1槽21a～第3槽21cでは非常に困難であるためにフィードバック制御に用いる意義は薄い。そのため、第1槽21a～第3槽21cには、酸濃度連続測定装置1a～1cを設けなくともよい。

### 【0133】

【実施例】（第1実施例）さらに、本発明を実施例を参照しながらより詳細に説明する。図13(a)に示す、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備21について、図1～図8に示す酸濃度連続測定装置を適用して酸濃度を測定してフィードバック制御を行った場合と、図4に示す比較例の酸濃度連続測定装置を適用して酸濃度を測定してフィードバック制御を行った場合とについて、各酸洗槽の塩酸濃度の変化を連続的に測定した。なお、各酸洗槽の塩酸濃度の測定には、図1～図8に示す酸濃度連続測定装置を用いた。

【0134】第1槽21a、第3槽21cおよび第5槽に関する酸濃度の測定結果を図15にグラフで示す。図15(a)は比較例を示し、図15(b)は本発明例を示す。図15(a)に示すように、比較例では、後述する本発明例に比較すると、各酸洗槽21a～21eの酸濃度は大きく変動し、一定した濃度の管理は困難であった。また、全体の濃度も高目となった。

【0135】これに対し、図15(b)に示すように、本発明例では、第5槽21eおよび第4槽21dのみならず他の酸洗槽21c～21aにおける酸濃度も安定化し、全体の濃度も低下した。

【0136】（第2実施例）第1実施形態の酸濃度連続測定装置1を用いて酸洗液の酸濃度を測定する前に、導電率計6全体を酸液に長時間浸漬し、検出部6aの内面および底面に、酸液を含浸させた。

【0137】前述したように、検出部6aの内面および底面は、PTFEを被覆されていることから、極めて濡れ性が悪い。そこで、酸液を含浸させて表面性状を変更することによって、検出部6aの内面および底面への気泡の付着を抑制した。このように、導電率計6全体を酸液に長時間浸漬してから、酸濃度連続測定装置1を稼働して、酸洗液の酸濃度を連続的に測定した。

【0138】図16は、測定開始時からの第3槽11cに収容された酸洗液の導電率および酸濃度の出力値の一例を示すグラフである。また、図17は、導電率計6全体を酸液に長時間浸漬せずに、直ちに測定を行った場合の一例を示すグラフである。

【0139】図16のグラフから、測定開始前に導電率計6全体を酸液に長時間浸漬しておくことにより、測定開始直後から検出部6aの内面および底面への気泡の付着が抑制され、安定して酸濃度を測定することができる。

【0140】これに対し、図17のグラフから、測定開始前に導電率計6全体を酸液に長時間浸漬しておかないと、検出部6aの内面および底面に酸液が充分に含浸されるまでの約130時間、酸濃度の測定値が大きく変動することがわかる。このため、この間の酸濃度制御の精度が低下し、酸原単位が悪化した。

### 【0141】

【変形の形態】以上説明した各実施形態および実施例の説明は、酸洗液が塩酸である場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、硫酸等の他の酸洗液についても等しく適用することができる。

【0142】また、各実施形態および実施例の説明は、酸洗処理される鋼帯が熱延鋼帯である場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、冷延鋼帯についても等しく適用することができる。

【0143】また、各実施形態および実施例の説明は、流路が、本発明の酸濃度連続測定装置および酸洗槽を循環する循環流路である場合を例にとった。しかし、本発明は、かかる態様に限定されるものではない。本発明の流路は、酸洗槽に収容された酸洗液を連続的に流すための流路であればよく、例えば、酸洗槽と、廃酸タンクや循環タンク等の酸収容タンクとの間に設置され、酸洗槽に収容された酸洗液を酸収容タンクへ連続的に流すための流路も、等しく包含される。

【0144】また、各実施形態および実施例の説明は、最終酸洗槽に酸液が供給される場合を例にとった。しかし、本発明はかかる態様に限定されるものではない。本発明は、最終酸洗槽以外の他の酸洗槽に酸液が供給される場合についても等しく適用することができる。

【0145】また、各実施形態および実施例の説明では、導電率計の円筒状の検出部が傾斜して配置された場合を例にとった。しかし、本発明はこの形態には限定されず、検出部の内面および底面の少なくとも一方が、水平方向および垂直方向のいずれの方向に対しても交差する方向に向けて形成されていれば、等しく適用される。例えば、検出部の本体は図4に示すように水平方向に向けて配置され、この本体の内面における流路と底面とが、いずれも、斜めに形成される場合が例示される。このような場合にも、気泡の影響を受けることなく、導電率を高精度で測定することができる。

【0146】さらに、本発明にかかる導電率計は、図1等により示された形態には限定されない。例えば、図18(a)に示すように、検出部6aの外部における検出部6aに向かう酸液の流れ方向（白抜き矢印方向）が略水平方向である場合には、検出部6aの内部および底面の一方または双方を流れる酸液の流れ方向が、略水平方向であればよい。

【0147】また、図18(b)および図18(c)に示すように、検出部6aの外部における検出部6aに向かう酸液の流れ方向（白抜き矢印方向）が略水平方向以外の方向である場合には、検出部6aの内部および底面の一方または双方を流れる酸液の流れ方向が、略水平方向以外の方向であればよい。

【0148】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にか

かる導電率計、導電率の測定法および酸濃度連続測定装置によれば、酸洗液に含まれる気泡に起因した導電率の測定精度の低下を、可及的抑制でき、これにより、酸洗液の酸濃度を高精度で測定できる。

【0149】また、本発明にかかる酸濃度連続測定装置によれば、酸洗液の密度、温度および導電率を連続的に測定することができ、これにより、酸濃度を連続的に長時間測定することができる。また、酸洗液を流す流路内に酸洗液が詰まらず、詰まった場合にもその洗浄が容易な構造としてあるため、メンテナンス性も向上する。したがって、本発明にかかる酸濃度連続測定装置によれば、長時間にわたって連続した測定が可能となる。

【0150】また、この酸濃度連続測定装置を用いた酸濃度自動制御装置によれば、酸液を供給される酸洗槽の酸濃度を、高精度かつ安定的に制御することができる。これにより、酸原単位が向上する。

【0151】特に、この酸濃度自動制御装置では、酸濃度の連続測定にフィードバック制御を組み合わせることを基本とし、さらにフィードフォワード制御を重畳させる。このため、制御精度およびレスポンスをいずれも著しく向上することができる。

【0152】さらに、本発明にかかる酸濃度連続測定装置を用いた酸濃度自動制御装置によれば、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備における酸洗槽の酸濃度を連続的に測定し、この測定結果を酸液の供給量にフィードバックする。このため、各酸洗槽の酸濃度を適正に保つことができるとともに酸洗液の原単位を低減することもできる。かかる効果を有する本発明の意義は、極めて著しい。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の酸濃度連続測定装置の内部構造を示す説明図である。

【図2】密度計の設置部近傍を拡大して示す断面図である。

【図3】実施形態で用いる導電率計を抽出して示す説明図である。

【図4】比較のための導電率計の説明図であり、図4(a)は導電率計を用いた酸濃度連続測定装置の縦断面図、図4(b)は導電率計の斜視図、図4(c)は導電率計の縦断面図である。

【図5】実施形態の導電率計の説明図であり、図5(a)は導電率計を用いた酸濃度連続測定装置の縦断面図、図5(b)は導電率計の縦断面図、図5(c)は導電率計の斜視図である。

【図6】スクリーンを設けた酸濃度連続測定装置の縦断面図である。

【図7】循環流路の構成を示す説明図である。

【図8】酸洗槽における循環流路の構成を示す説明図である。



【図9】連続酸洗設備へ適用した実施形態の酸濃度自動制御装置の制御系の一例を模式的に示す説明図である。

【図10】本発明にかかる酸濃度自動制御装置を構成する最終酸洗槽の概略を示す説明図である。

【図11】図11(a)、図11(b)は、それぞれ、塩酸濃度、塩化鉄濃度の調整値とそれぞれの計算値との関係を示す検量線に関するグラフである。

【図12】密度計、温度計および導電率計により得られた測定値の処理の概要を示す説明図である。

【図13】図13(a)は、下流側の酸洗槽に収容された酸洗液を上流側に隣接する酸洗槽へ順次オーバーフローさせる型の連続酸洗設備の説明図であり、図13(b)は、この酸濃度自動制御装置をこの連続酸洗設備に適用した状況を示す説明図である。

【図14】DDC装置における酸液の供給量の決定演算の流れを示すフロー図である。

【図15】第1実施例の結果を示すグラフであり、図15(a)は比較例を示し、図15(b)は本発明例を示す。

【図16】第2実施例の結果を示すグラフである。

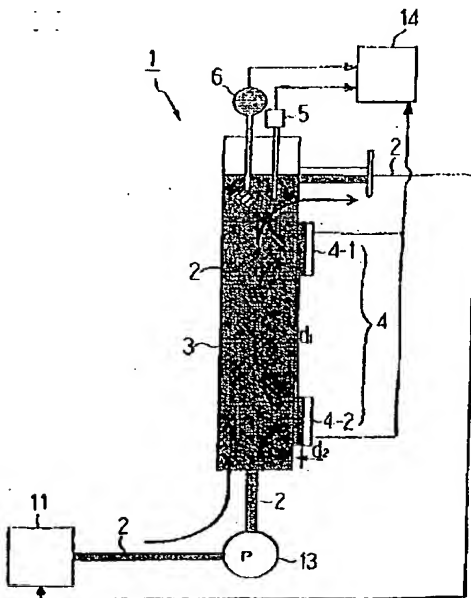
【図17】比較例の結果を示すグラフである。

【図18】図18(a)～図18(c)は、いずれも、変形形態の説明図である。

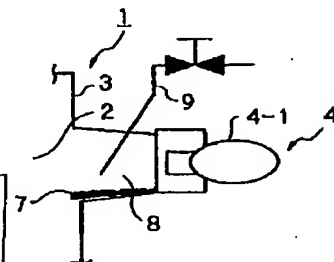
#### 【符号の説明】

- 1 酸濃度連続測定装置
- 2 循環流路
- 3 酸濃度連続測定装置本体
- 4 密度計
- 4-1、4-2 検出部
- 5 温度計
- 6 導電率計
- 6a 検出部
- 11 酸洗槽
- 13 ポンプ
- 30 スクリーン
- 31 脱気管

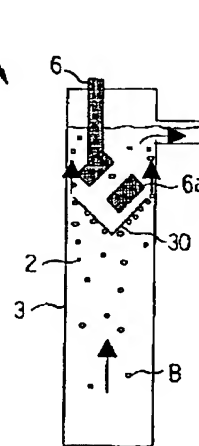
【図1】



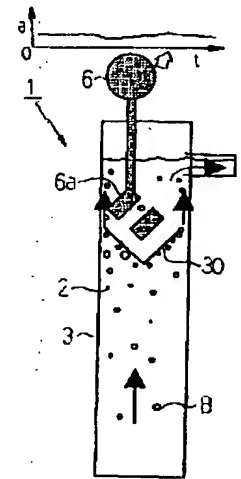
【図2】



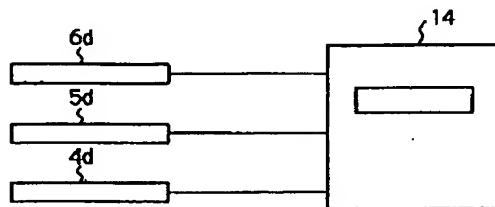
【図3】



【図6】

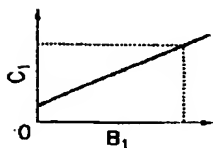


【図12】

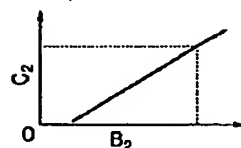


【図11】

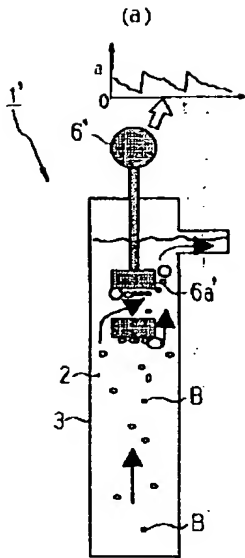
(a)



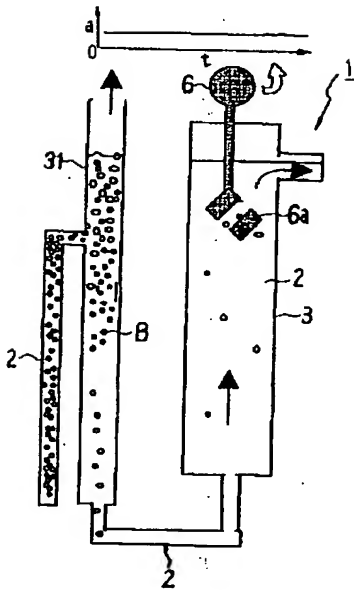
(b)



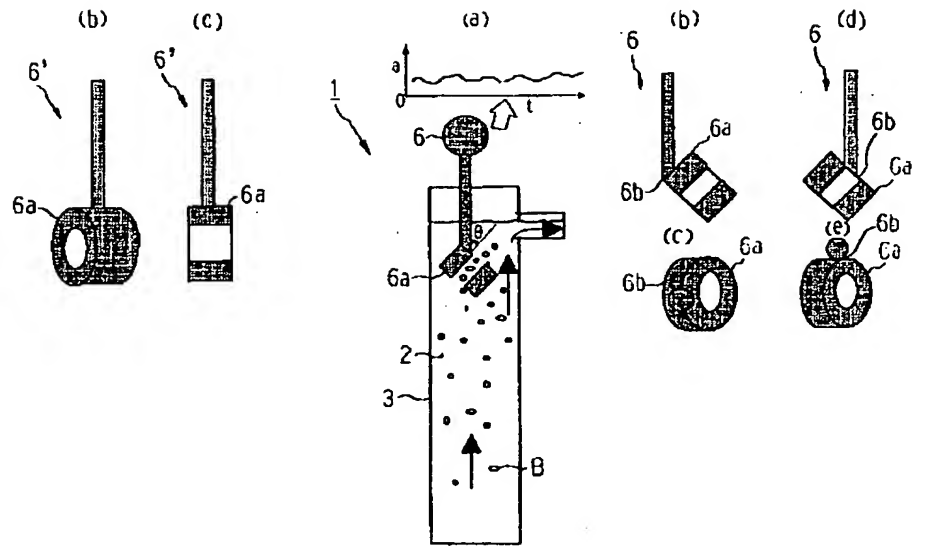
【図 4】



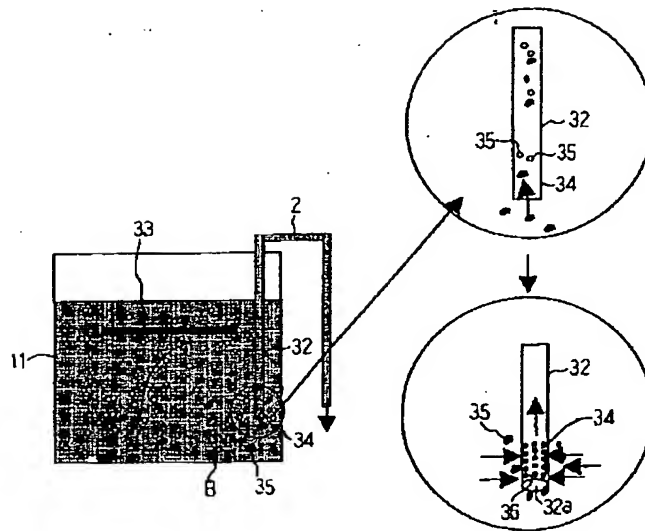
【図 7】



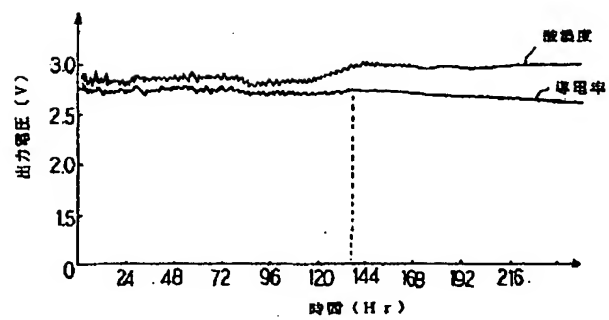
【図 5】



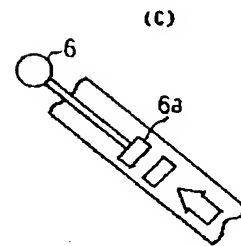
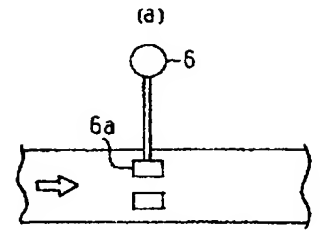
【図 8】



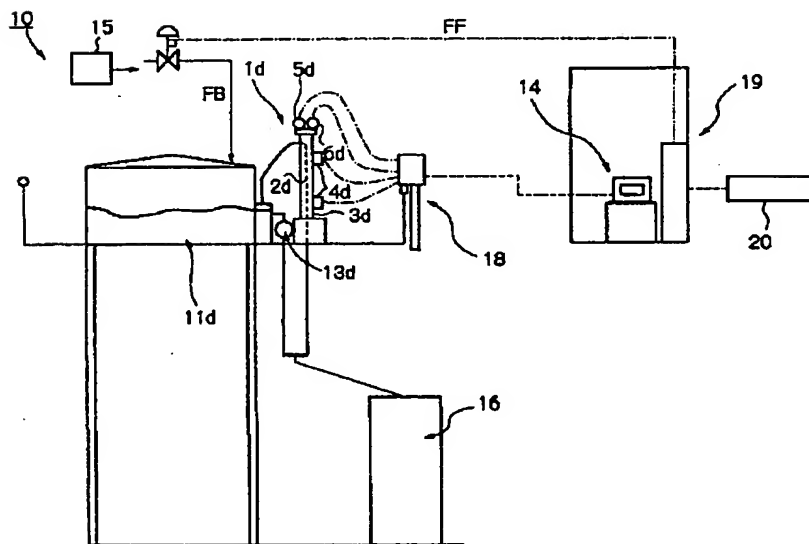
【図 17】



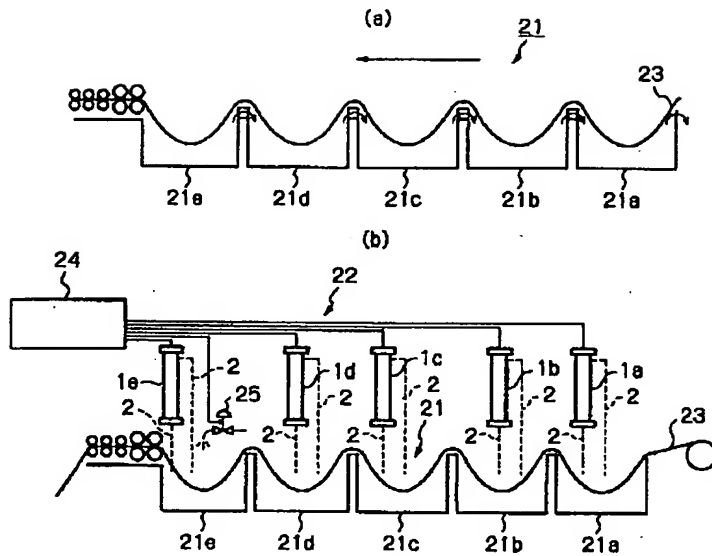
【図 18】



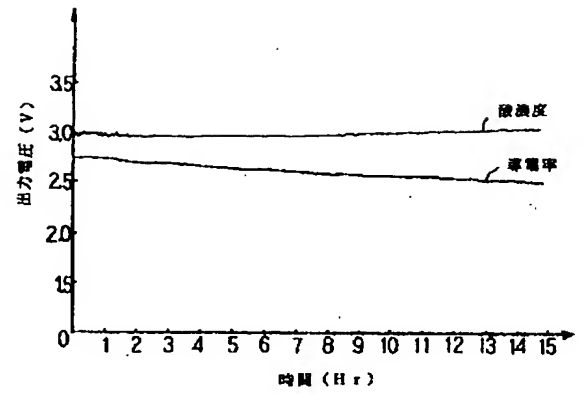
【図 10】



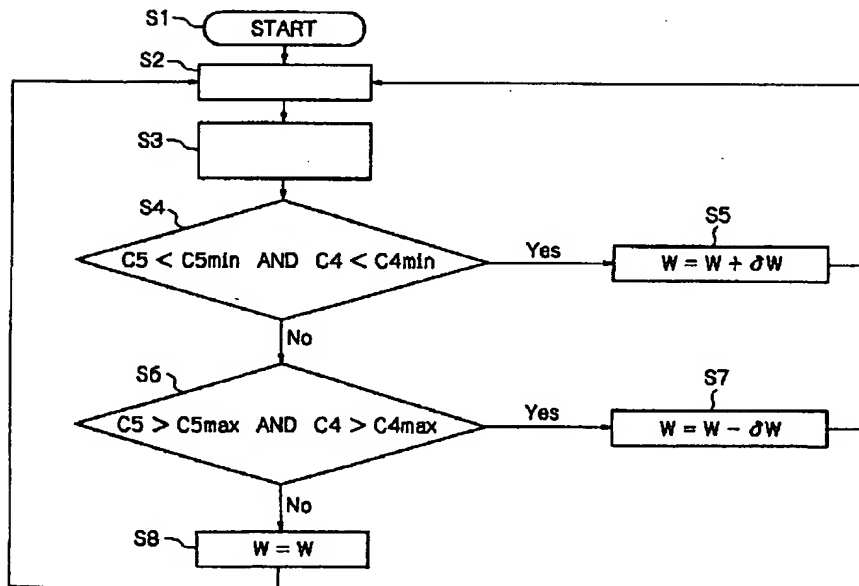
【図 13】



【図 16】



【図 14】



【図15】

